

재해원인조사 의견서

한국 산업 안전 보건공단

이 의견서는 「산업안전보건법」 제56조에 따라 중대재해 원인조사를 실시하고 재해 원인에 대한 의견을 작성한 것으로

「산업안전보건법」 제56조의 ‘중대재해 원인을 규명하여 산업재해의 예방 대책 수립’을 통한 안전 확보에 이바지함을 목적으로 하고 있다.

그러므로 이 의견서는 산업현장의 안전·보건을 증진시킬 목적 이외의 용도로 사용되어서는 아니 된다.

재해조사 의견서

1. 재해발생 사업장 개요

사업장명	(주)화진철강	전화번호 (FAX)	
소재지	경상북도 포항시	대표자	B
업 종	제강압연업	근로자수	29명
산재관리번호 (사업개시번호)		생산품 (사업내용)	철근 (철근 생산)

2. 재해자 인적사항 및 상해정도

연번	성명	출생년도	소 속	고용형태	상해정도	비고
1	A	1962년	(주)화진철강	상용	사망	-

3. 재해발생 경위

- 2023. 3. 10.(금) 11:54경
 - 경상북도 포항시 북구 송라면 소재 (주)화진철강 철근 압연공정에서
 - 철근 압연기의 압연롤 간격을 측정하기 위해 회전 중인 압연롤 사이에 시편을 넣던 중
 - 압연기의 동력전달축 사이에 왼팔이 끼어 병원 이송 후 치료 중 사망함.
- ※ 사망일시 : 2023. 3. 10.(금) 12:41경

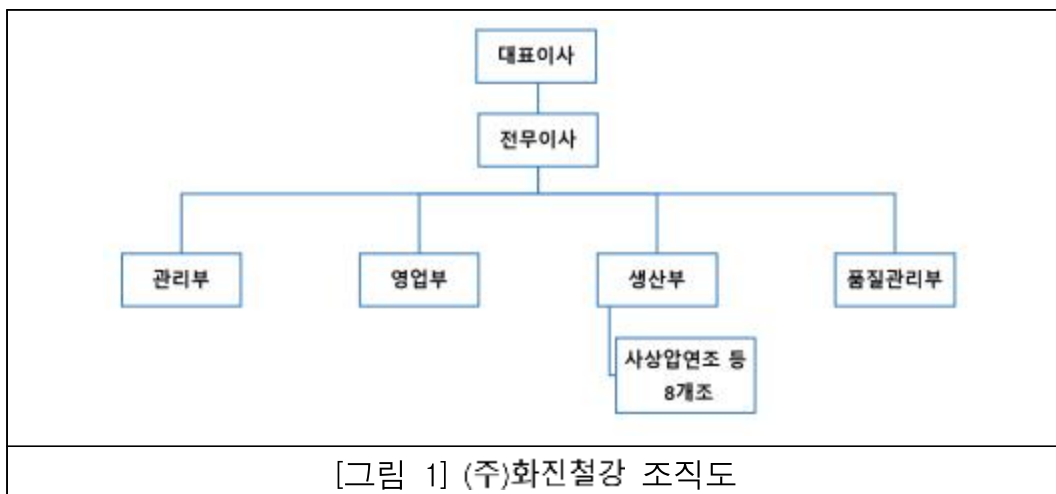
4. 사고조사 내용

【본 조사 의견서는 고용노동부 포항지청과 안전보건공단에서 합동 조사한 것으로, 사업장 관계자 면담 및 현장 확인 내용을 근거로 작성함.】

가. 사업장 개요

○ 사업장: (주)화진철강(2011년 설립)

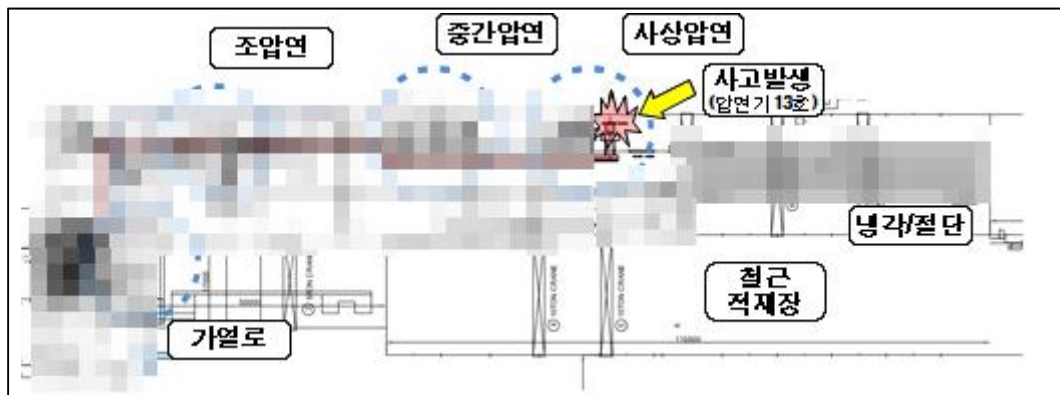
- (사업내용) 철강 빌렛(billet)을 납품받아 전기로 가열 및 압연기 성형을 통해 건설자재용 철근을 년 25만톤을 생산함.
- (사업조직) 관리부, 생산부 등 4개부로 조직되어 있으며, 사고 발생한 사상압연 운전은 생산부 내 사상압연조가 맡고 있음.
- (안전보건관리) 생산부에서 주관하고 있으며, 안전보건관리담당자의 업무를 사업장 ㉠에 위탁함.



나. 재해발생 장소 및 공정

(1) 재해발생 장소 (생산공장 내 압연공정)

- (발생장소) 전기로에 가열된 빌렛을 압연기 13대로 압연하는 공정 내에서 사고는 사상압연 파트의 마지막에 위치한 압연기 13호에서 발생함.
 - ※ 압연기 13대는 3개 파트로 나뉘어 있으며, 각 파트는 조압연 1대, 중간압연 6대 및 사상압연 6대로 구성됨.
- (운영) 사상압연조(피재자 포함 총 4명)가 사상압연 파트 및 중간압연 파트에 배치되어 있음.



[그림 2] 생산공장 내 설비 배치도

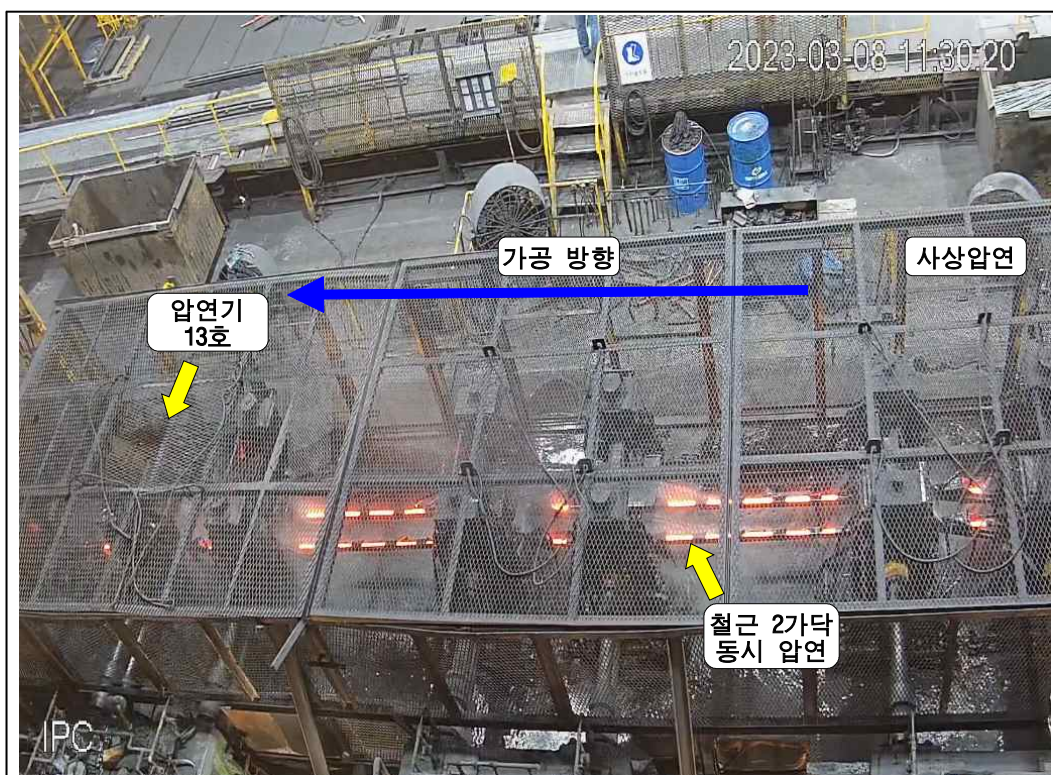
(2) 재해발생 공정

- (사상압연) 조압연 및 중간압연 과정*을 거친 철근을 압연기 6대로 최종 제품 형태로 정밀 성형함.

* 빌렛의 굵기를 점차적으로 줄여 완제품의 모양과 치수에 가깝게 만드는 압연

- D10* 철근 생산 중 철근에 마디와 리브를 성형하는 압연기(총 13대 중 마지막 압연기)에서 압연롤의 간격 조정하던 중 사고가 발생함.

* 철근 콘크리트용 이형봉강(KS D 3504)으로 공칭지름 9.53mm임.

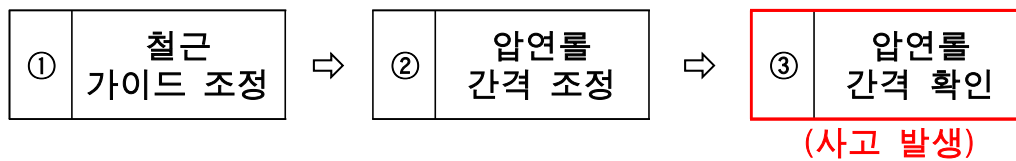


[그림 3] 사상압연 설비 가동 모습(D10 철근의 경우 48m로 가공함)

○ (작업내용) 압연롤은 철근 단면과 표면을 성형하기 위해 홈*이 있는 상부롤과 하부롤로 이루어져 있으며, 홈이 변형되거나 마모되어 8시간마다 표면 상태를 점검하고 홈 변경 및 롤 간격을 조정함.

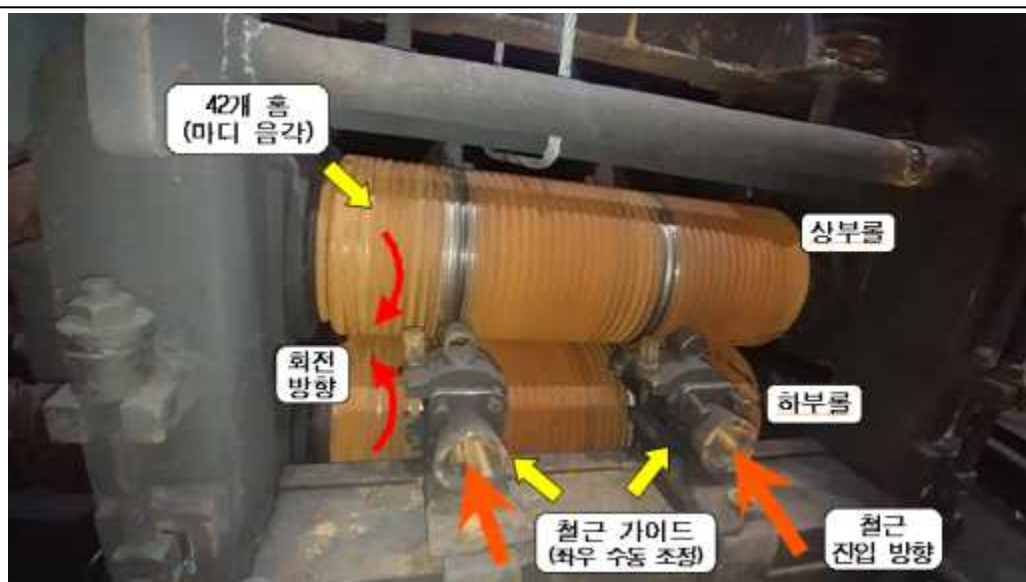
* 압연롤의 횡방향으로 42개의 홈이 있으며, 철근 2가닥을 동시 성형하기 위해 2개씩 사용함.

- 철근 가이드 위치 및 압연롤의 상하 간격을 조정한 후 간격의 크기를 확인하기 위해 압연롤 회전 상태에서 시편을 제작하던 중 발생함.



< 작업 순서 >

순번	작업 순서	작업 설명
①	철근 가이드 조정	압연롤의 홈에 맞추어 철근의 이동을 유도하는 가이드의 위치를 조정함.
②	압연롤 간격 조정	수공구로 상부롤의 좌우 간격을 조정함.
③	압연롤 간격 확인	압연기를 기동시킨 상태에서 상부롤과 하부롤의 양끝의 간격을 확인하기 위해 시편*을 제작함. * 와이어를 회전하는 압연롤 사이 넣었다 빼냄.



[그림 4] 압연기 13호의 압연롤

다. 재해발생 과정

< 사상압연조 구성 >

성명	작업내용		
	압연기 운전	평상 시 압연기 조정	사고 당시 압연기 조정
C 조장	순회 점검	압연롤 간격 조정	회의 참석 후 점심식사
A 사원 (피재자)	사상압연 대기		압연롤 간격 조정
D 사원	상황실 대기		
E 사원	중간압연 대기	철근 가이드 조정	철근 가이드 조정

※ 점심시간(11시 30분~12시 정각)에 맞추어 압연기 조정 작업을 실시함.

○ [2023. 3. 10. 08:00경] 피재자 등 4명은 생산공장으로 출근하여 D10 철근 생산을 시작하고 11시 30분경 점심시간에 생산을 중단함.

- 회의에 참석한 C 조장을 제외한 3명은 점심시간 중 압연기 조정 작업을 하고자 11시부터 교대로 점심식사를 함.

○ [11:30경] 피재자 등 2명은 압연기 점검을 시작하며 압연기가 설치된 방호울의 출입문을 개방하고 수공구 등을 챙겨 진입함.

- E는 압연기 13호 앞에서 압연롤의 변형 상태를 확인하고 철근 가이드 2개 위치를 조정함.

- 피재자는 사상압연 파트 내에서 다른 압연기를 점검함.

○ [11:48경] 피재자는 압연기 13호의 압연롤 간격을 수공구로 조정함.

○ [11:50경] 피재자는 상황실로 이동하여 압연기 13호를 기동하고 되돌아 옴.

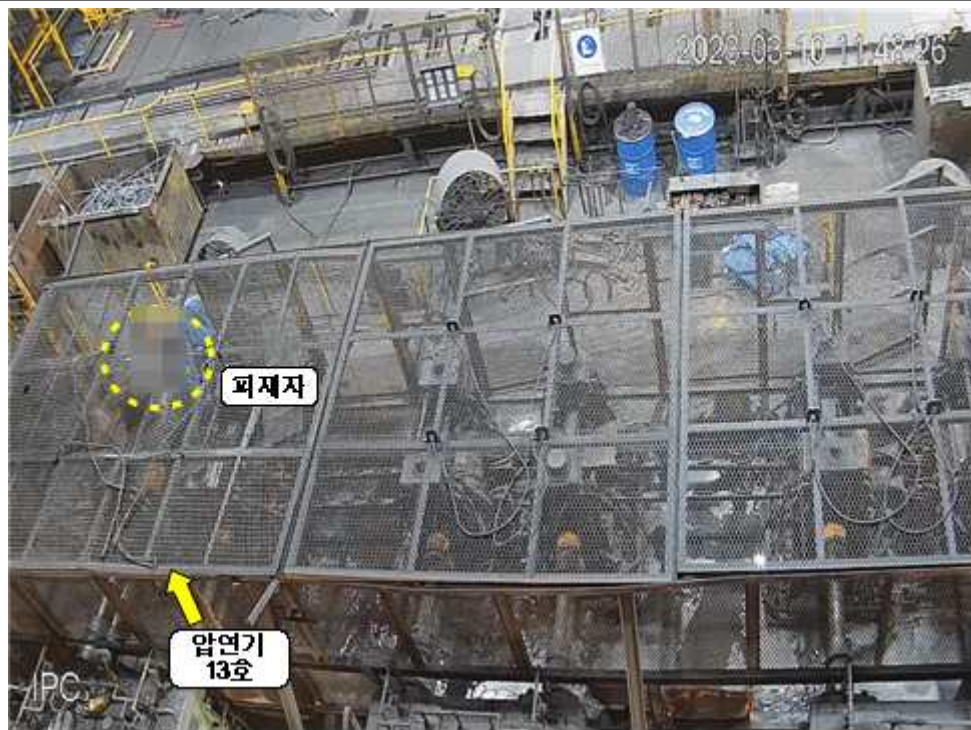
- 피재자와 D는 압연기 13호 앞뒤에서 와이어(시편) 끝을 회전 중인 압연롤 사이에 넣고 뺀 후 변형된 두께를 측정함.

※ 버니어 캘리퍼스로 와이어의 끝의 두께를 측정한 후 절단기로 약 10cm를 잘라내고 재사용함.

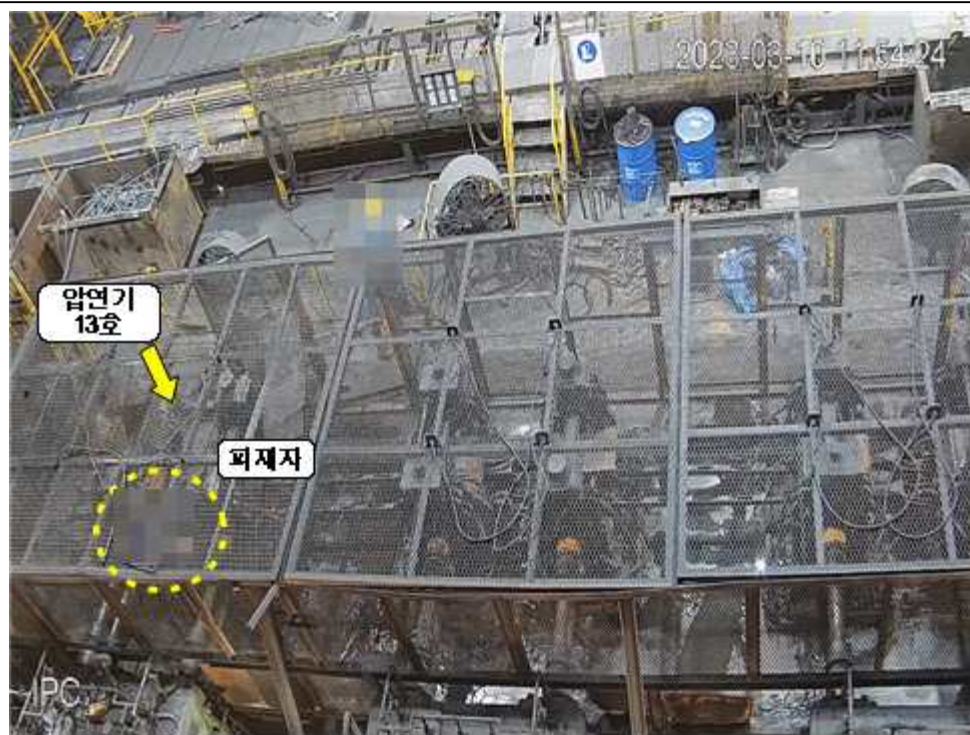
○ [11:54경] 피재자는 오른손에 버니어 캘리퍼스를 쥐고 왼손에 쥔 와이어를 압연롤에 사이에 넣던 중 왼손부터 팔까지 회전축 사이에 끼임.

- 피재자를 발견한 D가 압연기 13호를 정지시키고 사무실로 보고함.

○ [12:08경] 119구급대가 응급조치를 하고 병원으로 이송하였으며 치료 중 12:41경 사망함.



[그림 5] 피해자가 수공구로 상부롤의 좌우 간격을 조정하는 모습
(11시 48분 24초경)

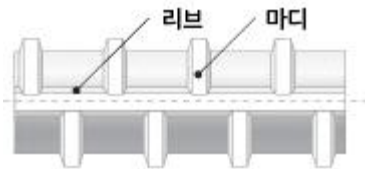


[그림 6] 피해자가 압연기 측면에서 와이어를 삽입하는 모습
(11시 54분 24초경 사고 직전)

라. 조사.확인 내용

《 철근 일반사항 》

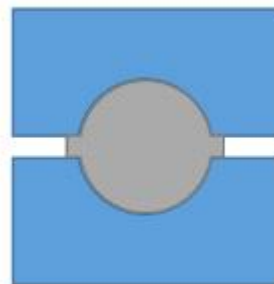
- 건축.토목 구조물의 강성을 확보하기 위해 사용하는 주요 재료로 돌기(마디와 리브)가 있는 이형철근은 압축력이 강한 콘크리트와 물리적으로 결합하여 구조물이 인장력을 가지게 함.
- 철근의 돌기는 횡방향으로 마디가 있으며, 종방향으로 리브가 있음.
 - ※ 마디는 압연롤의 홈을 통과하면서 성형되며, 리브는 압연롤의 상하 간격으로 성형됨.



[그림 7] 이형철근 모양



<마디를 성형할 수 있는 압연롤>



<압연롤 사이에서 종방향으로 리브가 성형되는 모습>

[그림 8] 철근 압연롤과 리브 성형 모습

(1) 기인물 (압연기) 및 가해물 (동력전달축)

○ 철근 압연기 13호

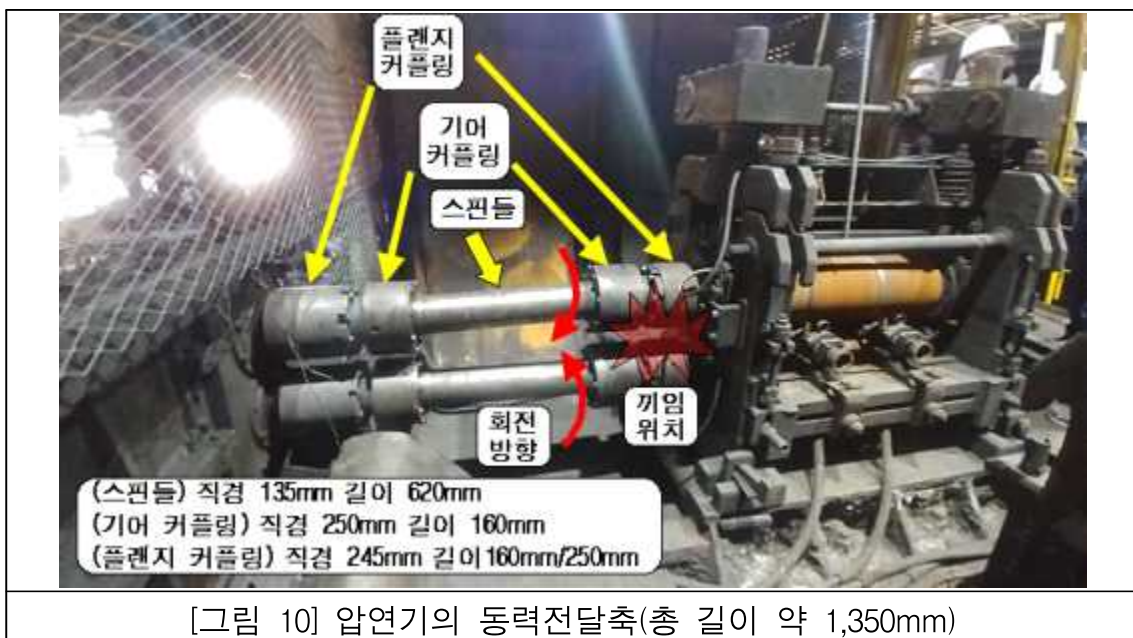
- (용도) 빌렛을 D10 철근(길이 48m)으로 연속 성형하는 압연기 13대 중 마지막에 위치한 압연기 13호로써 철근에 마디와 리브를 성형함.

	제 원	
	제조사	미상(중고설비)
	전동기 사양	DC모터 650kW
	압연롤	직경 : 288mm 폭 : 800mm
	회전수	667rpm (표면속도 : 10.0m/s)
	설치년도	1996년(추정)

[그림 9] 압연기 13호 제원

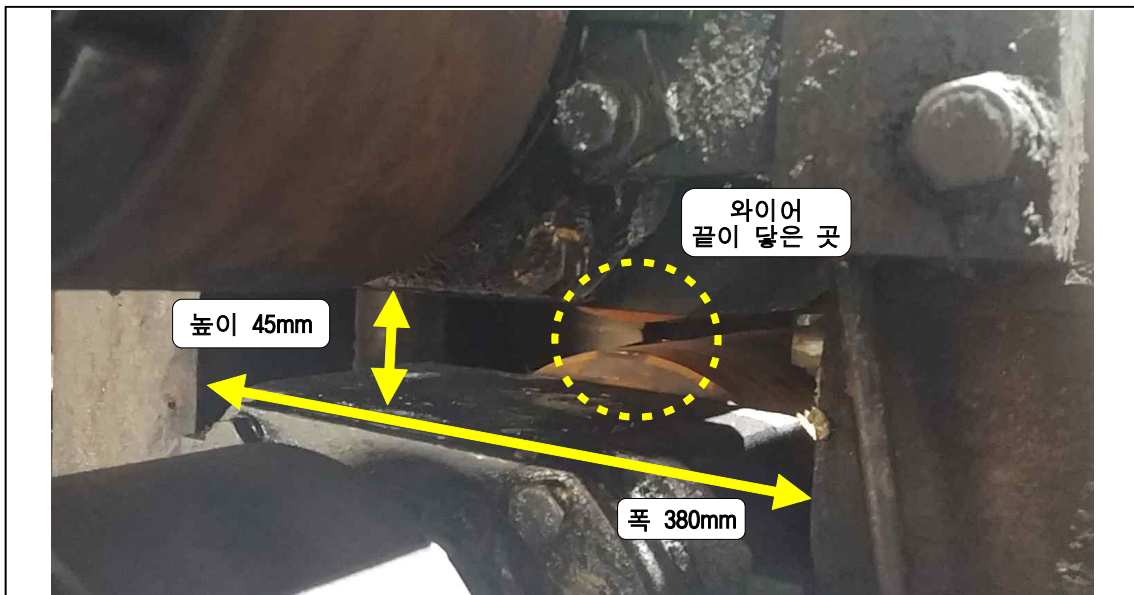
○ 동력전달축

- (축이음) 전동기의 동력은 감속기(분배기능 포함)를 거쳐 압연기 2대 (12호 및 13호)로 전달되며, 기어 커플링*과 플랜지 커플링으로 연결됨.
- * 허브와 스피들로 구성되며, 허브의 내기어와 스피들의 외기어가 맞물려 동력을 전달함. 편심, 편각 및 축방향 진동을 흡수할 수 있어 압연기의 동력전달장치로 주로 사용됨.
- (물림점 간격) 기어 커플링(허브) 간의 간격은 약 40mm로 측정됨.



(2) 시편용 와이어 관련 확인사항

- (사용 이유) 하부롤로부터 상부롤의 상하 간격을 측정하기 위해 와이어 (직경 5.5mm)를 압연롤이 회전할 때 삽입하여 변형된 두께를 측정함.
 - ※ D10 철근의 리브의 폭은 3.75mm이어야 하므로 롤 양끝의 상하 간격을 약 4.0mm를 기준으로 작업자의 경험치로 가감하여 조정함.
- (삽입 방법) 압연기 측면에서 베어링 케이스 사이로 와이어를 삽입함.
 - ※ 사고 당시 철근 진입 방향에서 와이어를 삽입함(롤 간의 물림점 형성).



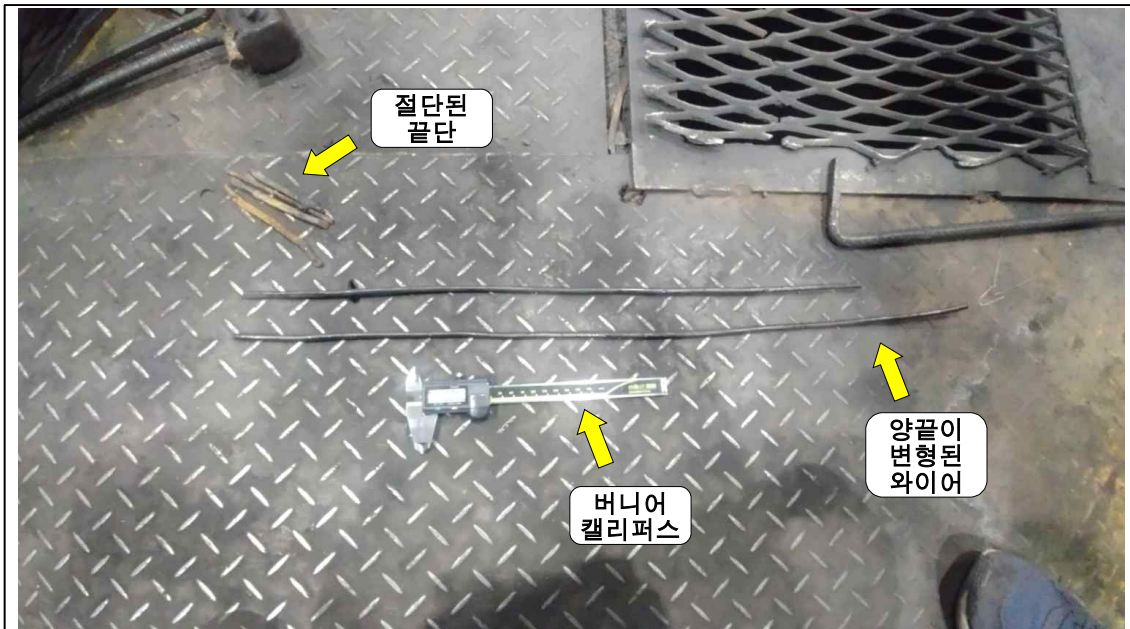
[그림 11] 베어링 케이스 사이로 보이는 압연롤(바닥면에서 500mm 높이)



[그림 12] 베어링 케이스 사이로 와이어(시편)를 넣는 모습(재연)

○ (와이어 길이) 사상압연기 주변에 다수의 와이어가 있으며, 길이는 약 60~70mm임. 변형된 끝 부분을 절단기로 잘라내어 반복 사용함.

※ 사고 당시 피해자가 사용한 와이어를 특정할 수 없었음.



[그림 13] 시편용 와이어

○ (롤 간격 조정) 시편의 두께가 적합하지 않은 경우 압연기 우측 상단의 조정 나사로 압연롤의 양 측면을 각각 조정하여 높낮이 간격을 수정함.



[그림 14] 압연롤 상하 조정방법

(3) 사고 발생 당시 작업상황

- (위험점 접촉 과정) 압연기를 작동시킨 상태에서 피재자는 철근 진입부 (롤 간의 물림점)에서 작업하고 동료작업자(D)는 철근 토출부에서 작업 하던 중 피재자가 와이어를 잡고 있던 왼손(목장갑 착용)이 동력전달 축의 허브에 닿아 회전 방향으로 끼임.
- (위험점 검토) 압연롤 2개를 회전시켜 철근 이동에 동력을 부여하고 철근 표면에 마디와 리브를 성형하기 위해 동력전달축은 서로 반대 방향으로 회전하므로 피재자가 작업한 압연기 진입부에서 물림점이 형성됨.
- ☞ [검토결과] 압연롤의 표면속도는 약 10m/s이므로 와이어가 롤 회전 방향으로 당겨지자 피재자의 왼손이 허브에 닿아 축 회전방향으로 손과 팔이 끼인 것으로 판단됨.

(4) 압연기 안전조치 상태

- (방호울 및 방호덮개) 압연기 6대에 방호울*(출입문 포함)이 설치되어 있으나 출입문 연동장치나 시건장치가 설치되어 있지 않음. 아울러, 압연기의 동력전달축에 개별적으로 방호덮개는 설치되어 있지 않음.

* 철근이 압연롤 밖으로 이탈되는 사고 위험으로 설치한 것으로 판단됨.



[그림 15] 방호울 내외부 모습

- (비상정지장치) 비상정지장치는 상황실에만 설치되어 있고 압연기 인근에는 설치되어 있지 않아 사고 발생 시 압연기 작동을 즉시 정지시킬 수 없음.

☞ [검토결과] 압연기의 작동 상태를 수시 점검하고자 출입문 연동장치 또는 시건장치를 설치하지 않은 것으로 판단됨.

(5) 관리적 사항에 대한 검토

○ 작업표준

- (표준설정) 압연롤의 간격을 측정하기 위해 압연기가 가동 중일 때 토출부에서 와이어를 삽입하도록 정하고 있음.
- (수행사항) 피재자는 압연기의 진입부에서 와이어를 삽입함.

○ (위험성평가) 압연기 동력전달부의 끼임 위험에 현재의 안전보건조치로 방호덮개가 설치되어 있는 것으로 파악하였으나 설치되어 있지 않음. 아울러, 개선대책으로 위험점을 방호할 수 없는 건널다리 설치를 계획 하였으며 이행하지 않음.

마. 사고발생 원인 분석

○ 직접원인 (Direct Cause)

- (안전조치) 압연기의 동력전달축에 방호덮개를 설치하지 않음.

○ 기여원인 (Contributing Cause)

- (위험성평가) 압연롤 조정 작업의 위험요인을 위험성평가에서 누락하였으며, 동력전달축의 안전조치 상태를 잘못 파악함.
- (비상정지) 비상정지장치가 압연기 인근에 설치되어 있지 않아 압연기를 즉시 정지시킬 수 없었음.
- (작업표준) 압연기의 토출부에서 시편을 제작하도록 작업표준에 정하고 있으나 진입부에서 작업을 수행함.

5. 조사자 의견

가. 재해발생 원인

○ 회전축의 위험 방지 미실시

- 압연기의 회전축이 노출되어 있으며 회전축 2개가 서로 반대방향으로 회전하여 그 사이에 물림점이 형성되나 방호덮개를 설치하지 않음.

○ 압연기가 작동 중인 상태에서 조정 작업 실시

- 덮개가 없는 압연기의 동력전달 회전축에서 압연롤의 조정 작업을 실시하도록 함.

○ 위험성평가 실시 부적정

- 회전축의 끼임 위험에 대해 현상태의 안전조치를 부적합하게 파악한 상태에서 위험성 추정 및 결정을 실시하고 적합하지 않은 개선대책을 수립함.

나. 재발방지 대책

○ 회전축의 위험 방지 실시

- 압연기의 회전축이 노출되어 있으며 2개의 회전축이 서로 반대방향으로 회전하여 물림점이 형성되므로 방호덮개를 설치하여야 함.

○ 압연기가 작동 중인 상태에서 조정 작업 금지

- 압연기가 정지된 상태에서 압연롤의 조정 작업(간격 측정 포함)을 실시하여야 함.

○ 위험성평가 실시

- 압연기의 끼임 위험요인에 대해 현재 안전조치 상태 및 수준을 위험성 평가에 반영하고 위험성 추정 및 결정을 실시하여 위험요인을 제거할 수 있는 개선방안을 수립하여야 함.